الآثار البيئية لنشاط المؤسسات الصناعية ودور نظم الإدارة البيئية في الحدّ من مخلفاتها

عاشور مزريق

أستاذ مساعد، كلية العلوم الاقتصادية
وعلوم التسيير ــ جامعة حسيبة بن بوعلي، الشلف ــ الجزائر.

مقدمة

البيئة دعامة أساسية لِكُلّ نشاط صناعي نظراً إلى ما تقوم به من الحفاظ على المواد الخام والموارد الطبيعية وترشيد استهلاك المياه والطاقة وتحسين بيئة العمل ومنه زيادة مستويات الإنتاجية وخلق نشاطات صناعية جديدة تعتمد على تدوير المخلفات واستعمالها كمواد أولية خام.

وعلى الرغم من الجهود المبذولة ورؤوس الأموال المستثمرة في مجال الصناعة ما زال نصيب البيئة ضئيلاً جداً، وهو ما يشجع ويدعم الاستثمارات البيئية لحماية البيئة من التلوث وخلق مجتمع نظيف بيئياً.

الإشكالية

أصبحت مشكلة البيئة اليوم من أهم وأخطر المشكلات التي تواجهها الدول والمجتمعات، ولا سيّما بعد التطور العلمي الهائل والنهضة الصناعية الضخمة التي صاحبت مولد القرن العشرين.

وتخطت مشكلة التلوث البيئي مكاناً محدداً أو حدود بلد معين، وتجاوزت كلّ المسافات لتضحي مشكلة عالمية تعانيها كلّ الكائنات الحية، فتزداد حدتها ودرجة تأثيرها في التوازن البيئي بتزايد الأنشطة الصناعية والتجارب النووية وتراكم مختلف النفايات التي تضاعف وتسرع في انتقال التلوث من المواقع الموبوءة إلى المناطق الصحية.

إن تلوث البيئة لا ينتج من التقدّم التقني وزيادة الصناعات وتنوعها والاستغلال العلمي والرشيد للموارد البيئية، إنما من الطريقة والأسلوب اللذين يترتب عليهما التخلص من مخلفات الصناعة ونواتج الاحتراق، هذا إن تمت العملية بنجاح. كما ينتج التلوث من الإدمان في استغلال الموارد الطبيعية بطريقة شرهة دون مراعاة مخلفات الفعل اللابيئي المخل بصميم التوازن البيئي واحتياجات الكائنات الحية.

أهمية البحث

أصبح النشاط الصناعي نشاطاً رئيسياً في اقتصاديات المجتمعات المعاصرة ومحركاً قوياً لنموها الاقتصادي، إذ يمثل تياراً مستمراً من الثروات في الدول المتقدمة، وضرورياً لتوسيع مجال التنمية والاستجابة لتحقيق مزيد من الإشباع للحاجات المتنامية في الدول النامية.

يستلزم توفير السلع والخدمات التي تقدّمها الصناعة كميات متزايدة من المواد الطبيعية والمواد الخام الأولية والتجهيزات الصناعية، تتزايد معه المخلفات وانعكاسات عمليات الاستخراج والتصنيع واستخدام كميات هائلة من مختلف أنواع الوقود للحصول على الطاقة، مما يحدث آثاراً سلبية في التوازن البيئي، بتلويث المكونات البيئية الأساسية.

واعتبرت الآثار السلبية للنشاط الصناعي في البيئة في البداية معضلات محلية تتصل بتلوث الهواء والماء والأرض، وحدث التوسع الصناعي في أعقاب الحرب العالمية الثانية دونما التفات يذكر للانعكاسات البيئية، وجلب معه زيادة متسارعة في التلوث. وقد وجدت

هذه المعضلات بشكل واسع في دول العالم الثالث مع انتشار النمو الصناعي الذي استمر في التوسع دون الأخذ بالقيود البيئية.

أهداف البحث

يهدف هذا البحث إلى:

● الوصول إلى التزامات قانونية صريحة على المستوى الجزئي (المؤسسات الصناعية)، والمستوى الدولي، تهدف إلى تخفيض معدلات التلوث الناتجة من الأنواع الرئيسيّة لغازات الاحتباس الحراري، التي تطلقها بعض الصناعات عالية التلوث، كغاز ثاني أكسيد الكربون، وغاز الميثان وغاز ثاني أكسيد النيتروجين، كخطوة جوهرية على طريق التضافر والتعاون الدوليين لتجنب خطر التغيرات المناخية، التي تنذر بالصدمة الإيكولوجية.

● إضفاء صفة الالتزام على تحقيق الأهداف البيئية، حيث اتضح للجميع أن أسلوب الالتزامات التطوعية لم يعد فعالاً، وأن المرحلة القادمة تحتاج بالضرورة إلى تقنين الالتزامات بالأهداف التخفيضية، وبشكل يمكن التحقق منه، وتطبيقه بشكل متوازن.

الفرضيات والتساؤلات

● أصبح هناك اهتمام مؤسساتي ودولي واضح بأهمية أنظمة الإدارة البيئية، وقد امتد هذا الاهتمام ليغطي الشركات الصغيرة ومتوسطة الحجم أيضاً. ومع ذلك فإن الاهتمام بأنظمة إدارة البيئة لم يصل إلى المستوى المطلوب نتيجة نقص الوعي الكافي بفوائد تطبيق هذه الأنظمة وبسبب نقص الكفاءات القادرة على تطبيق أنظمة بيئية جيدة.

● إنَّ أحوال البيئة السائدة هي حصاد آثار مختلف الأنشطة التي تجري في المجتمع، والأحوال الجغرافية والمناخية السائدة، ومن ثمّ فإن تحديد منظومة الإدارة البيئية على مستوى البلد، يجب أن يكون وفق الواقع الاقتصادي والاجتماعي للدولة مع الأخذ في الاعتبار الأهداف المتوقعة على المدى الطويل والنشاطات الاقتصادية والإنسانية المتوقعة حتّى يمكن وضع الخطط والسياسات والأدوات المختلفة اللازمة، بما يحقق كلاً من التنمية الاجتماعية ـ الاقتصادية، وفي الوقت نفسه حماية البيئة وتواصلها.

طرق البحث

للإحاطة بإشكالية البحث، ورغبة في إيجاد حلول أكاديمية قابلة للتجريب والتطبيق، استعنّا بالمنهج الوصفي التحليلي، انطلاقاً من واقع الحركية الصناعية المحلية والإقليمية والدولية، رغبة في إسقاط بعض الأبعاد النظرية الأكاديمية وفق مقومات عبر حضارية لتفعيل قيم الالتزام البيئي.

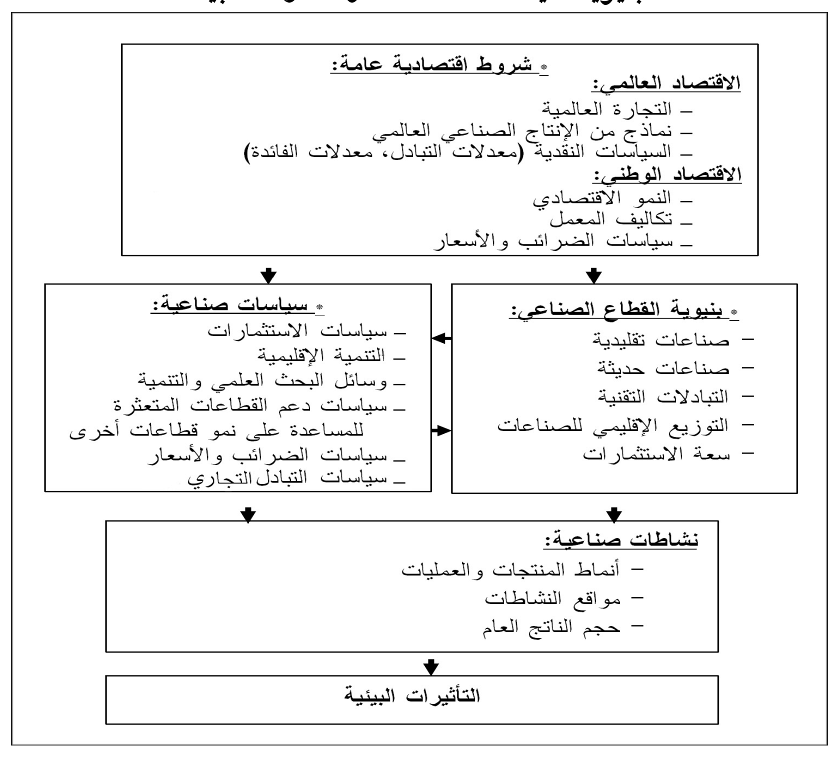
إن تلوث البيئة لا ينتج من التقدّم التقني وزيادة الصناعات وتنوعها والاستغلال العلمي والرشيد للموارد البيئية، إنما من الطريقة والأسلوب اللذين يترتب عليهما التخلص من مخلّفات الصناعة ونواتج الاحتراق، هذا إن تمت العملية بنجاح. كما ينتج التلوث من الإدمان

في استغلال الموارد الطبيعية بطريقة شرهة دون مراعاة مخلفات هذا الفعل اللابيئي المخل بصميم التوازن البيئي واحتياجات الكائنات الحية.

وعلى الرغم من الجهود المبذولة ورؤوس الأموال المستثمرة في مجال الصناعة، ما زال نصيب البيئة ضئيلاً، وهو ما يشجع ويدعم الاستثمارات البيئية لحماية البيئة من التلوث وخلق مجتمع نظيف بيئياً. وهو ما يمكن توضيحه من خلال الشكل الرقم (١):

الشكل الرقم (١)

بنيوية سياسات الصناعة والآثار السلبية



المصدر: عادل رفقي عوض، **التلوث الصناعي (النفايات السائلة)** (عمان: دار الشروق، ١٩٩٦)، ص ٤٥.

أولاً: التلوث الهوائي (الجوي)

يعتبر الهواء ملوَّثاً حال «وجود أي مواد صلبة أو سائلة أو غازية في الهواء بكميات تؤدي إلى أضرار فيزيولوجية واقتصادية وحيوية بالإنسان والحيوان والنبات والآلات والمعدات أو تواتر أو تغير في طبيعة الأشياء»[1].

(١) خالد مصطفى قاسم، **إدارة البيئة والتنمية المستخدمة في كلّ العولمة المعاصرة** (الإسكندرية: الدار الجامعية، ٢٠٠٧)، ص ١٢٠.

يعطي التعريف إشارات مباشرة إلى المؤثرات التي تعطل خواص الهواء بوجود أي عنصر أو أكثر، بكميات ومواصفات، لمدّة معينة، بشكل يحدث تغيرات في المكونات الفيزيائية أو البيولوجية أو الميكانيكية للهواء من شأنه أن يؤدي إلى تضرر حياة الإنسان أو الحيوان أو النبات أو باقي المكونات البيئية غير الحية، وعدم القدرة على التمتع بالحياة أو الملكية الطبيعية.

كما يعرف المشرع الجزائري التلوث الجوي بأنه «إدخال أية مادة في الهواء أو الجو بسبب انبعاث غازات أو أبخرة أو أدخنة أو جزئيات سائلة أو صلبة، من شأنها التسبب في أضرار وأخطار على الإطار المعيشي»(٢).

ومنه يعتبر الهواء ملوّثاً إذا اختلط به بعض الشوائب أو الغازات بقدر يضر في حياة الكائنات على الأرض، وحدث أي خلل في تكوينه أو تركيبه لأي سبب من الأسباب. فالهواء هو مزيج من الغازات، حيث يتركز نحو ٩٥ بالمئة من وزنه في العشرين كلم التي تعلو سطح الأرض، ثمّ ينخفض تركيزه عندما يتداخل مع الفضاء الخارجي المحيط بالأرض. ويتكون الهواء الجوي أساساً من النيتروجين (N_2) بنسبة ٧٨,٩ بالمئة، والأوكسجين (O_2) بنسبة ٢٠,٩٤ بالمئة و٠,١ بالمئة من غازات أخرى.

الجدول الرقم (١)

التركيب الكمي لمكونات الهواء الجوي النقي

المكون (العنصر وصيغته الكيميائية)	النسبة المئوية للتركيز
المكونات الرئيسيّة	
النيتروجين N_2	٧٨,٠٩
الأوكسجين O_2	٢٠,٩٤
الأرغون Ar	٠,٩٣
ثاني أكسيد الكربون CO_2	٠,٠٣٢

المصدر: صلاح محمود الحجار، **السحابة الدخانية: المشكلة ـ الأثر ـ الحل**، سلسلة تكنولوجيا الإنتاج الأنظف؛ رقم ٢ (القاهرة: دار الفكر العربي، ٢٠٠٣)، ص ٢٣ بتصرف.

١ ـ الغازات الصناعية الملوثة للهواء

تؤثر الغازات والشوائب التي تتصاعد في الهواء، الناجمة عن عمليات التصنيع واحتراق الوقود، وعلى الخصوص النشاطات الصناعية التي يصدر عنها القدر الأكبر من العناصر الملوثة للهواء كتكرير البترول، وصهر الخامات المعدنية وغير المعدنية، وصناعة الحديد والصلب، وصناعة الأسمنت، والصناعات الكيمائية، وحرق الوقود الأحفوري (الفحم والبترول).

تنتج الكثير من الأخطار البيئية بفعل الملوثات الهوائية، التي نميز فيها مصدراً طبيعياً كالبراكين، وتحلل المواد العضوية والتفاعلات البكتيرية. وبالرغم من كبر حجم الانبعاثات

(٢) «الفقرة ما قبل الأخيرة من المادة ٤،» **الجريدة الرسمية** (الجزائر) (٢٠ تموز/ يوليو ٢٠٠٣)، ص ١٠.

الناجمة عنها إلا أن هذه الملوثات تدخل إلى الجو بمعدل ضئيل، معطية لها وقتاً كافياً للانتشار على مساحات شاسعة ليكون لها توزيع متساوٍ، مما يؤدي إلى التخفيف من تركيزها ومنه إلى اختزال أخطارها وانعكاساتها البيئية.

وعلى خلاف ذلك، فإن المصدر الصناعي الناجم عن نشاطات الإنسان المختلفة تكون ملوثاته أكثر كثافة وحدّة وخطورة لانبعاثها بكميات متزايدة في فترات وجيزة وفي حيز مكاني محدود، مما يؤدي إلى زيادة تركيزها وتضاعف أخطارها على الكائنات الحية في محيط النشاط مما يؤثر على تركيبة المكونات الهوائية الغازية النشطة كيميائياً وتتمثل أساساً في:

● التلوث بغاز أول وثاني أكسيد الكربون (CO, CO_2): غاز عديم اللون، يتكون نتيجة احتراق غير كامل للوقود من المصانع والأفران والمسابك ووسائل المواصلات. وتقدر كمية الغاز التي تنطلق في الجو بسبب استعمال وسائل المواصلات بـ ٧٥ بالمئة من كمية الغاز المنطلقة بسبب النشاطات البشرية، والنشاطات الصناعية بـ ٨ بالمئة، كما تساهم عملية التخلص من النفايات الصلبة عن طريق الحرق بـ ٥ بالمئة.

هذا الغاز شديد التأثير في الإنسان والحيوان لاتحاده السريع مع الهيموغلوبين، فيثبط نقل الأوكسجين في الدم إلى خلايا الجسم طبيعته التركيبية المعقدة وطبيعته الصلبة، فيحدث انسداداً في الأوعية الدموية الناقلة للدم إلى الدماغ والقلب، ويسبب الموت السريع حيث وصول التركيز إلى حدود ٠,٠١ بالمئة.

يعتبر غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) الغاز الرئيسي المتسبب في الامتصاص الحراري (الصوبة الزجاجية) لامتصاصه أشعة الشمس تحت الحمراء، ويحتفظ بها جو الأرض، كما إنَّ زيادة معدلات انبعاثاته في الجو تؤدي إلى تغير المناخ في العالم، مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي، فينتج منه الانصهار الجليدي للقطبين المتجمدين الشمالي والجنوبي، فيرتفع منسوب مياه البحار والمحيطات التي تؤدي إلى اجتياح اليابسة، خاصة المسطحات المنخفضة، كما يؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى زيادة معدلات تبخر المياه الصالحة للشرب وللري.

وترجع كثافة تواجد غاز ثاني أكسيد الكربون إلى تضاعف نشاطات حرق الوقود السائل (البترول) والغاز الطبيعي لمحطات توليد الطاقة الحرارية والمصانع المختلفة، والمخلفات الناجمة عن تسيير المركبات ووسائل النقل البرى والبحري، كما يتولد من الاحتراق الكامل للوقود في وجود وفرة من الهواء.

● التلوث بثاني أكسيد الكبريت (SO_2): من أصل عضوي، يوجد في الجو على شكل غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)، وينتج من معامل تكرير البترول، وتحلل النباتات في التربة، ومن محطات الطاقة الحرارية والأفران التي تستخدم المازوت كوقود، والنشاطات الصناعية كمصانع الأسمنت البورتلندي ومصانع الورق، واحتراق الفحم، وتوليد الكهرباء، وصهر المعادن كالنحاس والرصاص والزنك، وصناعة حمض الكبريت.

ترجع عمليات الاحتراق في النشاطات الصناعية إلى اتحاد جسيمات الكبريت مع الهواء

الجوي مسببة تكون غاز ثاني أكسيد الكبريت الذي يؤثر في الأغشية المخاطية للإنسان، ويصيب الحنجرة والجهاز التنفسي بالتهابات حادة، كما يؤدي إلى موت خلايا النباتات وتساقط الأوراق، ويزيل اللون الأخضر من النباتات، مما يؤدي إلى انخفاض معدلات البناء الضوئي (انخفاض معدلات طرح الأوكسجين وامتصاص ثاني أكسيد الكربون). كما يتحد غاز ثاني أكسيد الكبريت مع بخار الماء الموجود في الغلاف الجوي لتكوين الأمطار الحمضية التي تزيد من حمضية التربة، فتصبح غير صالحة للزراعة، وحمضية الموارد المائية[٣] من أنهار وعبّارات مما يؤثر في الثروة المائية فتسمم وتفقد القدرة على التكاثر والتنوع، كما تسبب صدأ الأبنية والهياكل المعدنية والمنشآت الحديدية. كما يساهم تراكم مخلفات المصانع، خاصة الصناعات الكيميائية ومعالجة مياه الصرف الصحي، وصناعة البترول على المسطحات المائية والسدود والحواجز المائية، في تكوين غاز كبريت الهيدروجين (H_2S) الذي يسبب الحدّ من تنوع الثروة المائية والنباتية.

● التلوث بغازات أكاسيد النيتروجين (NO_X): توجد أكاسيد النيتروجين على صور أكسيد النتروز (N_2O)، الناجم عن صناعة حمض النيتريك، والصناعات الكيميائية، ويتكون نتيجة اتّحاده مع بخار الماء الموجود في الغلاف الجوي مكوناً حمض النيتريك، وهو حمض شديد الضرر على الجهازين التنفسي والعصبي والعين والجلد، ويؤثر في الأعصاب ويصيب الوجه بالشد العضلي، كما نجده بصورة أكسيد النيتريك (NO)[٤]، وثاني أكسيد النيتروجين (NO_2)، وهما اللذان يتكونان بكميات كبيرة بفعل النشاط الصناعي الكيميائي واحتراق الوقود الأحفوري، ومحطات توليد الطاقة الكهربائية، ووسائل النقل.

فزيادة تركيز هذه الغازات في الجو يسهل اتّحادها مع بخار الماء الموجود في الغلاف الجوي لتكون حمض ستريك، كما تدخل في تفاعلات كيميائية في دورة كيميائية تحت الضوء وفي وجود الهيدروكربونات، ينتج منها مصادر تلوث شديدة الخطورة على الصحة والبيئة، التي تعرف بالدخان الضوء ـ الكيميائي، حيث يؤثر التركيز الخفيف لهذه الأكاسيد في الجهاز التنفسي والقصبة الهوائية للإنسان والالتهابات بحيث للهيموغلوبين قابلية مرتفعة للاتّحاد مع أكسيد النتروز (N_2O)، تصل إلى ١٥٠٠ مرة قدر قابلية اتحاد الهيموغلوبين مع أول أكسيد الكربون.

يمثل غاز ثاني أكسيد النيتروجين خطراً على الثروة الحيوانية بأربعة أضعاف سمية غاز أكسيد النيتريك، إذ يكفي تركيز مئة في المليون لإبادة الثروة الحيوانية، حيث يتناولها بشكل جرعات من حمض النيتريك المتمركز في المراعي، الأعلاف، ومياه الري. كما تؤثر غازات أكاسيد النيتروجين وأحماضها في خيوط النسيج والأصباغ النسيجية وسبائك النيكل والنحاس.

(٣) **حمضية الموارد المائية**: تغير في الأس الهيدروجيني وهو يساوي اللوغاريتم السالب لتركيز أيون الهيدروجين في المحلول: ($PH = -\log [H^+]$)، وهو يعتبر مقياس لحمضية المحلول.

(٤) يسمى **أكسيد النتروز** (أول أكسيد النتريك) بالغاز المضحك لأنه يُحْدث الشد العضلي والعصبي للوجه فيظهر المصاب وكأنه يضحك.

وتساهم أكاسيد النيتروجين مع الغازات الأخرى في تكوين **الضباب الدخاني**(٥) بحيث تختلط الغازات والحبيبات الناتجة من حرق الوقود في النشاطات الصناعية (الدخان) في أحوال جوية خاصة مع الضباب لتكون طبقة قاتمة، تسبب الالتهاب الشديد للجهاز التنفسي حتّى في درجات التركيز المنخفضة والثروة النباتية والحيوانية.

وينقسم الضباب الدخاني إلى ضبخان صناعي المتكون من خليط الدخان والغازات الناتجة من العمليات الصناعية كأفران الجير ومصانع الفولاذ والزجاج واحتراق الوقود والفحم الغني بالكبريت، فتكفهر السماء بطبقات غازية قاتمة وقاتلة من أكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين، ما يؤدي إلى إصابة وتدمير الكائنات الحية.

أما **الدخان الضوء ـ كيميائي** فيكون عندما يتعرض خليط من أكاسيد النيتروجين والهيدروكربونات لأشعة الشمس، حيث يمتص غاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) طاقة ويتفكك في **تفاعل ضوئي**(٦) لينتج الأوكسجين الذري، وهو شديد الفعالية يهاجم جزئيات الأوكسجين ويتحد معها مكوناً غاز الأوزون (O_3) الذي يتسبب في انقباض الصدر ويهيج الغشاء المخاطي والصداع الحاد والسعال الديكي والإجهاد، بالإضافة إلى إتلاف المواد العضوية كالمطاط والبلاستيك والبولستير.

● التلوث بالهيدروكربونات: هي مركبات عضوية تتكون من الكربون والهيدروجين، وهي مكونات رئيسيّة تدخل في الهواء الجوي، وتكون مركبات غازية خفيفة في درجات حرارة عادية، كالميثان والبروبان والإثلين، نتيجة لتفاعل الهيدروكربونات مع غاز الأوزون وأكاسيد النيتروجين في كلّ وجود ضوء الشمس وتسمى بالمؤكسدات الضوئية. وتنبعث الهيدروكربونات من حقول البترول والغاز الطبيعي ومصانع تكرير البترول ووسائل المواصلات وعملية التخلص من النفايات الصلبة وعملية توليد الكهرباء باستعمال الوقود.

ومن المخلفات البيئية الناجمة عن هذا النشاط الضوء الكيميائي الذي يؤدي إلى إصابة الإنسان والحيوان بالتهاب الأغشية المخاطية والتدمع، والتهيج العيني، وسرطان الرئة والالتهابات الجلدية، كما يسبب الإثلين اصفرار أوراق الغطاء النباتي وإصابة البراعم الزهرية بالشحوب اليخضوري، ويعيق نمو أطراف النباتات والأشجار.

● التلوث بمركبات الكلوروفليوروكربون (CFC): مركبات كيميائية عضوية خاملة كيميائياً، يوجد أغلبها في حالة غازية تسيل بسهولة تحت الضغط وتسبب تشتّت طبقة الأوزون حيث تحملها التيارات الهوائية إلى الطبقات العليا من الغلاف الجوي، يتحلل بفعل أشعة الشمس (أشعة فوق البنفسجية)، وينتج من ذلك ذرات الكلور والفلور النشطة التي تتفاعل مع

(٥) **الضباب الدخاني**: جاء من كلمة «Smog» التي جمعت بين كلمة (Smoke) أي «الدخان» وكلمة (Fog) أي «الضباب»، وترجمت إلى اللغة العربية كلمة «ضبخان»، وقد أدى إلى وفاة ٣٥٠ شخصاً في لندن سنة ١٩٥٢.

(٦) التفاعل الضوئي لثاني أكسيد النيتروجين $NO_2(g) + energy \longrightarrow NO\,(g) + O\,(g)$.

غاز الأوزون فتحلله[٧]، علماً أن هذه الطبقة الغازية من الأوزون مسؤولة عن امتصاص كمية كبيرة من الأشعة فوق البنفسجية، وتمنع وصولها إلى الأرض حيث تؤدي إلى أضرار مباشرة على الإنسان كالتهاب العيون وسرطان الجلد والإخلال بالجهاز المناعي للإنسان والحيوان. وتؤثر هذه الأشعة في عملية التركيب الضوئي، واختناق الثروة النباتية وذوبان الجليد من القطب وارتفاع منسوب مياه البحار والمحيطات.

وتندرج غازات الكلورفليوروكربون ضمن قائمة الغازات المسببة للاحتباس الحراري[٨] حيث تنتج هذه المركبات من صناعة علب الرش وسواها المستخدمة في الصناعات الكهرومنزلية.

وعلى النقيض من ذلك، فإن زيادة تركيز غاز الأوزون (O_3) في الهواء الجوي الناجم عن احتراقات وقود وسائل النقل والنشاطات الصناعية، ويكون نسبة زيادة تركيز ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2)، يحدث اختزال ضوئي بواسطة الأشعة فوق البنفسجية متحول إلى أكسيد النيتروجين والأوكسجين الذري الذي يتفاعل مع جزئي آخر من الأوكسجين فيكون الأزون وهو ملوث يسبب التسمم بسبب استنشاقه والتهاب الأغشية المخاطية واحتقان العيون وحرقان الصدر واحتباس الهواء في الرئة (**الايمفيزيا**)، ويضاعف نسبة الإصابة بالربو. كما يؤدي هذا الملوث إلى إتلاف المحاصيل الزراعية بتأثرها بالأشعة فوق البنفسجية وخاصة المحاصيل الحساسة منها.

وعليه فإن تلوث الهواء النقي يعود أساساً إلى مصادر طبيعية قليلة التأثير لدخولها في الجو بمعدل ضئيل وفي مساحات شاسعة، ويكون لها وقت كافٍ للانتشار والتوزيع فيجف تركيزها وتأثيرها، ومصادر مستحدثة ناجمة عن نشاطات إنسانية ملوثة (مصادر صناعية) ذات تركيز عال وتأثير مباشر لاندفاع أوقات وكميات وكيفيات انبعاثها في فترات قصيرة تتزايد يومياً، فبعض نسب التركيز المرتفعة من أنواع الملونات ذات تأثير مباشر وأكيد في الكائنات الحية وغير الحية.

٢ ـ أساليب الحدّ من التلوث الهوائي الناجم عن النشاطات الصناعية

مما لا شكّ فيه أن المطالبة بهواء جوي نظيف مطلب ضروري وعادل لجميع الكائنات الحية، ويمكن مكافحة التلوث الذي يصيب الهواء، والحدّ منه باستخدام الأساليب والتقنيات الحديثة، ومن أهمها:

ـ التوسع في استخدام مصادر الطاقة النظيفة والمتجددة، مثل الطاقة الشمسية والطاقة الكهربائية في جميع نواحي الحياة بدلاً من مصادر الطاقة التقليدية مثل الفحم والبترول، حيث

(٧) تحلل غاز الأوزون $CLO + O_2$، أشعة فوق بنفسجية $CL + O_3$ حيث تمكن جزئية واحدة من الكلور من تحطيم مئات الجزئيات من الأوزون.

(٨) من الغازات المسببة للاحتباس الحراري، مركبات النيتروجين، ثاني أكسيد الكربون، والرقائق الصلبة العالقة عن عمليات التصنيع المختلفة.

تتميز المصادر التقليدية والتي تبث إلى البيئة ـ عند احتراقها ـ أنواعاً عديدة من الملوثات القاتلة والمدمرة.

ـ محاولة تحسين نوعية الوقود المستخدم في السيارات (البنزين) عن طريق التخفيف من نسب مركبات الرصاص ومادة الكبريت التي يتم إضافتها إلى البنزين لتحسين أدائه وتقليل الخبط في أثناء احتراقه، فلقد أمكن الاستعاضة عنها بمركبات أخرى تقوم بالدور نفسه، وفي الوقت ذاته، فإنها أقل تلويثاً وأكثر أمناً للبيئة، ومن أمثلة تلك المركبات، المركبات الأوكسجينية مثل الميثانول والإيثانول.

ـ تعميم استخدام الغاز الطبيعي كوقود للسيارات والشاحنات والمصانع والأغراض المختلفة، لما له من آثار تلويثية تكاد تكون منعدمة عند استخدامه.

ـ إلزام المصانع بضرورة تركيب معدات خاصة مصممة للحد من كمية الملوثات المنبعثة منها، وذلك من خلال معالجة الملوثات الناتجة من الصناعات المختلفة قبل انبعاثها وتحويلها إلى صور غير ضارة بالبيئة، عن طريق أكسدتها مثلاً، ففي حالة المواد المستخدمة كوقود والتي ينطلق منها عند احتراقها غاز أوّل أكسيد الكربون وبعض الهيدروكربونات، فإنه سام، ويمكن أكسدتها وتحويلها إلى غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء وكلاهما غير سام، بعكس غاز أول أكسيد الكربون والهيدروكربونات.

ـ ضرورة سن التشريعات والقوانين الخاصة بتحديد التراكيز القصوى للملوثات المسموح بوجودها في الهواء، سواء كان هواء المدن أو هواء المناطق الصناعية.

ـ التخطيط العمراني السليم للمجتمعات الصناعية وموقعها من المجتمعات السكانية حتّى لا تتأثر المجتمعات السكانية بالتلوث الناتج من المصانع المختلفة، خاصة مصانع الأسمنت والكيميائيات، والتشديد على احترام القيود ونظم الإدارة البيئية المتكاملة.

ـ اعتماد تكنولوجيا إعادة تدوير الغازات كأسلوب القوة الطاردة المركزية التي تعمل على فصل الملوثات الصلبة عن التيار الهوائي المحمل بها، وارتطامها بحواجز موضوعة في طريق الهواء الملوث والمرسب الكهربائي الذي يعتمد على تمرير الهواء الملوث بين قطبين كهربائيين بينهما جهد كهربائي عال، فيعطي الملوثات الصلبة شحنة كهربائية في أثناء مرورها، فتترسب على أحد الأقطاب.

ثانياً: التلوث المائي

لا يقل الماء أهمية عن الأوكسجين (غاز الحياة)، لِكُلّ الكائنات الحية، ﴿**أولم ير الذين كفروا أن السموات والأرض كانتا رتقاً ففتقناهما وجعلنا من الماء كلّ شيء حيّ أفلا يؤمنون**﴾(٩)، فهو أكبر مكون كيميائي في الكون، حيث يمثل ٧١ بالمئة من مساحة الكرة

(٩) **القرآن الكريم**، «سورة الأنبياء،» الآية ٣٠.

الأرضية، ويمثل ثلثي وزن جسم الإنسان، ويمثل ٩٥ بالمئة من دم الإنسان، ومن ٨٠ إلى ٩٥ بالمئة من وزن الخضر والفواكه، كما يعتبر مصدراً من مصادر الغذاء وعاملاً ملطفاً لدرجات الحرارة على اليابسة، وسبيلاً من سبل النقل والانتقال.

والماء النقي (H_2O) هو سائل عديم اللون والرائحة والطعم، يتكون من عنصري الهيدروجين (H_2 : ١١,٢ بالمئة وزناً) والأوكسيجين (O : ٨٨,٨ بالمئة وزناً)، يغلي في درجة ١٠٠° م.

ويقسم هوبكينز وشولز (Hopkins and Schelz) الماء إلى ثلاثة أقسام(١٠):

ـ **الماء المأمون**: هو الماء النقي في جميع الأوقات، ويجب أن يكون خالياً من المواد العالقة، لا لون ولا طعم ولا رائحة له، خال من جميع المكونات والمواد العضوية الذائبة.

ـ **الماء الملوث**: هو الماء الذي تنخفض درجة جودته نتيجة اختلاطه بمخلفات ناجمة عن نشاطات الإنسان، فتجعله غير صالح للشرب أو الأغراض الصناعية والري الفلاحي.

ـ **الماء الممرض**: هو الماء الذي يعتبر مصدراً للأضرار الصحية نتيجة اختلاطه بمخلفات الإنسان أو الحيوان أو المركبات الكيميائية.

١ ـ مسببات التلوث المائي

يعرّف التلوث المائي بـ «وجود الملوثات في الماء بكميات كبيرة أو بشكل يعيق استعمال الماء للأغراض المختلفة كالشرب والري والتبريد»(١١)؛ فَكُلّ إضافة له مكونات مادية أو رفع درجة حرارته بحيث تجعله ضاراً بالإنسان والحيوان والنبات والأحياء المائية.

كما عرّف بأنّه «يعتبر كلّ مجرى مائي ملوثاً عندما يتغير بشكل مباشر أو غير مباشر تركيب أو حالة مياه ذلك المجرى، وذلك نتيجة عمل إنساني، بمعنى أن تصبح تلك الحياة أقل سهولة لجميع الاستعمالات التي تستخدم من أجلها أو بعض منها في حالتها الطبيعية»(١٢). فالمياه الملوثة مياه تحتوي على مواد غير مرغوب فيها سواء كانت أملاحاً سامة أو غير سامة، مواد ذائبة أو غير ذائبة، عضوية أو غير عضوية، بسبب المركبات الكيميائية التي تخلفها النشاطات الصناعية والمبيدات الحشرية والأسمدة الزراعية، يؤدي هذا إلى تغيير الصفات الفيزيائية والكيميائية للماء وتسممه، فتصيب بشكل مباشر أو غير مباشر الإنسان والحيوان والنبات بالضرر وتقضي على الأحياء المائية فيه. ويمكن تمييز أربعة أنواع من التلوث المائي:

ـ **التلوث الفيزيائي (الحراري)**: ينتج من المواد العضوية وغير العضوية العالقة في

(١٠) عبد المنعم بلبع، **عالم محاضرة التلوث** (الإسكندرية: منشأة المعارف، ٢٠٠٠)، ص ٤٣.

(١١) حسن أحمد شحاته، **التلوث البيئي فيروس العصر، المشكلة، أسبابها، وطرق مواجهتها** (القاهرة: دار النهضة العربية، ١٩٩٨)، ص ١٢٥.

(١٢) عبد الله الصعيدي، **النمو الاقتصادي والتوازن البيئي: تقييم أثر النشاط الاقتصادي على عناصر النظام البيئي** (القاهرة: دار النهضة العربية، ٢٠٠٢)، ص ٦١.

الماء، تؤدي إلى تغيير لون وطعم ورائحة الماء. ويعتبر ارتفاع درجة حرارة الماء نتيجة صب (مياه التبريد الصناعي) والمفاعلات النووية على المسطحات المائية إحدى صور التلوث الفيزيائي، فهي تعتبر إضافة ماء ساخن يحمل مخلفات صناعية سائلة على جسم مائي كالأنهار والبحار والمحيطات، فتحدث إفساداً للبيئة المائية حيث تعمل هذه المخلفات الحارة الملوثة على رفع درجة حرارة الجسم المائي وإنقاص كمية الأوكسجين المذاب في المياه، ما يؤدي إلى هلاك الثروة المائية بشكل مباشر وباقي الكائنات الحية بشكل غير مباشر.

وتعتبر الطاقة الحرارية أحد النواتج الطبيعية للكثير من النشاطات الصناعية لصناعة الأسمنت والزجاج والحديد والصلب وإحداث الوقود في وسائل النقل المختلفة وعمليات تحلية المياه عن طريق التقطير والتبخير التي تؤول نهاية كلّ منها إلى بيئة مائية تعيق توازنها وتضر بالمنتفع بها. كما إنَّ عملية توليد الطاقة الكهربائية عن طريق التربينات التي تعتمد على فرق درجة الحرارة التي يشتغل بها المولد، وتزداد فاعليته بتزايد الفرق بين درجتي الحرارة، فتنبعث كميات هائلة من الطاقة الحرارية التي تجد طريقها إلى البيئة المائية فتعيق توازن مكوناتها، وتحد من تنوع وتكاثر الكائنات المائية، وتضر كلّ منتفع بها.

ـ **التلوث الكيميائي**: يتزايد هذا النوع من التلوث كلّما زادت كميات الأملاح والأحماض والفلوريدات والغازات والمواد العضوية والأسمدة والمبيدات المتسربة والمذابة في الماء. ومن هذه المواد ما هو سام كالباريوم الناجم عن صناعة الدهانات واستخراج الغاز الطبيعي، والكادميوم الصادر عن نشاطات صناعة الدهانات واستخداماتها، وصناعة البطاريات ومخلفاتها والمخصبات الزراعية والرصاص الناجم عن مسابك الرصاص والدهانات واحتراق الوقود المضاف إليه الرصاص، ومخلفات الصناعة البتروكيميائية، ومادة الزئبق المتولدة عن نشاطات صناعة مبيدات الفطريات، وصناعة الأجهزة الكهربائية، والمسابك وحرق الفحم، ومنها ما هو غير سام كالكالسيوم، الصوديوم، المغنزيوم، الحديد والنحاس ولكن زيادة تواجدها في الماء تؤدي إلى اختلال تركيزه ومكوناته مما يؤدي إلى التسبب في أمراض مستعصية (الاختلال الأيوني في الجسم). فزيادة تركيز الصوديوم يؤدي إلى اختلال في انقباض وارتخاء العضلات وخاصة عضلة القلب ويؤدي إلى تكون الحصى في الكلى والمجاري البولية، وتسمم النباتات وتلقى الثروة الحيوانية المصير نفسه من التسمم والالتهابات والقصور.

٢ ـ أساليب الحدّ من التلوث المائي

تجلت مساهمة الهيئات الدولية والإقليمية في الحفاظ على جودة الماء، ومشروع الأمم المتحدة للمراقبة العالمية للبيئة في المراقبة العالمية لنوعية الماء، حيث دعيت عام ١٩٧١ مجموعة عمل تمثل عدداً من الحكومات لتحديد أهداف المراقبة ووسائل تحقيقها وتعيين أولويات تنفيذها. وفي سنة ١٩٧٤ عقد اجتماع يمثل الحكومات، واتفق على تحديد سبعة أهداف تخص الماء منها (برنامج GEMS للماء):

ـ تقدير التلوث في الماء والمشكلات البيئية المتصلة باستخدام الأرض للزراعة.

ـ تقدير حالة التلوث في المحيطات وأثره في الكائنات البحرية.

وتعمل أربع وكالات تابعة لهيئة الأمم المتحدة، هي برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP)، ومنظمة الصحة العالمية (WHO)، والمنظمة العالمية للأرصاد (WMO)، ومنظمة العلوم والتربية والثقافة (UNESCO)، في تنسيق مشروع **جيمس** (GEMS) للماء، وتتلخص الأهداف الخاصة بالمشروع في ما يلي:

ـ مراقبة تأثير الملوثات في الماء واتجاهاتها.

ـ توفير إنذار مبكر عن أي تدهور خطير.

ـ حث الحكومات على القيام ـ كلّ منها على حدة أو بصفتها الجماعية ـ بالعمل التصحيحي الذي يكفل حماية البيئة واسترجاعها وتحسينها.

ويقوم برنامج **جيمس** للماء على ستة عناصر رئيسيّة:

ـ إقامة شبكة عالمية من محطات المراقبة بالأماكن المناسبة في الأنهار والبحيرات والطبقات حاملة الماء.

ـ اتخاذ أساليب موحّدة لأخذ عينات من الماء وتحليلها.

ـ تطبيق برنامج مستمر للتأكد من صحة البيانات.

ـ تنظيم برامج تدريبية للعاملين في جميع أوجه المراقبة العلمية لجودة الماء.

ـ إعداد كتيبات يستخدمها العاملون المشار إليهم.

ـ توفير المعدات في عدد محدود من الحالات.

ويقصد بالمراقبة القياس الكمي الدوري لمعالم فيزيائية وكيميائية في عينات من الماء، أخذت من مواقع سبق اختيارها من الأنهار والبحيرات والطبقات حاملة الماء.

ثالثاً: تلوث التربة

يقصد بتلوث التربة (أراضٍ زراعية أو مساحات سكنية) «الفساد الذي يصيبها فيغير من صفاتها وخواصها الطبيعية أو الكيميائية أو الحيوية بشكل يجعلها تؤثر سلباً ـ بصورة مباشرة أو غير مباشرة ـ في من يعيش فوق سطحها من إنسان وحيوان ونبات»[١٣].

فالملونات التي تختلط بالتربة تفقدها خصوبتها، حيث تسبب قتل البكتيريا المسؤولة عن تحلُّل المواد العضوية الموجودة في التربة وبخاصة الزراعية منها، فتزيد نسبة تثبيت النيتروجين فيها، وترتفع نسبة الأملاح عن المعدل الطبيعي، مما يؤثر سلباً على نمو النباتات وجودتها ومعدلات تكاثرها، وتفقد تدريجياً قدرتها على المقاومة، فتموت. وبزيادة تملح التربة تتناقص فرص استغلالها، وهي انعكاسات مباشرة للممارسات الخاطئة والمقصودة الناجمة عن مخلفات النشاطات الصناعية من أتربة صناعية ومواد كيميائية غازية وصلبة وسائلة ومياه صناعية

(١٣) René Reding, *Sauver notre planète*, collection réponses/écologie (Paris: R. Laffont, [1974]), p. 31.

ونشاطات إشعاعية تؤدي في مجملها إلى تلف طبقة التربة الرقيقة الخصبة التي تعد ضرورية للزراعة، في سنوات قليلة، بعدما استغرقت العمليات الطبيعية آلاف السنين لتكوينها، حيث تعتبر المركبات العضوية من أهم عوامل خصوبة التربة وإنتاجيتها، وتحسين خواصها الفيزيائية والكيميائية والحيوية. ويمكن توضيح العناصر الأساسية في التربة بالجدول الرقم (٢):

الجدول الرقم (٢)
العناصر الأساسية في التربة ونسب تواجدها

العنصـــر	النسبة المئوية
الأوكسجين	٤٧,٣
السليكون	٢٧,٧
الألومنيوم	٧,٨
الحديد	٤,٥
الكالسيوم	٣,٥
الصوديوم	٢,٥
البوتاسيوم	٢,٥
الماغنيزيوم	٢,٢
الميتانيوم	٠,٥
الهيدروجين	٠,٢
الكربون	٠,٢
الفوسفور	٠,١
الكبريت	٠,١
عناصر أخرى	٠,٨

١ ـ **التلوث بواسطة المخلفات الصلبة**: يحدث في الأماكن المجاورة للمناطق الصناعية التي ترمي في التربة مخلفاتها (الصناعية وبقايا المواد المعدنية، والبلاستيكية والزجاجية والورقية. . .) فتتراكم لفترة طويلة.

وقد أشار تقرير اللجنة العالمية للبيئة والتنمية أن ٩٠ بالمئة من النفايات الصلبة الخطرة في العالم تنتج في الدول الصناعية(١٤).

وتبقى الكثير من المخلفات الصناعية الصلبة دون استرجاع أو للتخلص منها بطريقة علمية سليمة، ويتزايد تراكمها في الأماكن الخالية والأراضي المهملة والمنخفضات والمساحات الزراعية والفلاحية، فيترتب عنه، من الأجواء الحارة والتعفن إلى انتشار الروائح الكريهة، مجال لتكاثر البكتيريا والفطريات والجراثيم والحشرات كناقلات للأمراض وانتقالها في

(١٤) Commission mondiale sur l'environnement et le développement (CMED), *Notre avenir à tous* (Québec: Editions du Fleuve, 1988), p. 272.

السلسلة الغذائية من كائن حيّ إلى آخر، وصولاً إلى الإنسان، فتتزايد نسب العدوى والالتهابات والعجز الوظيفي للأعضاء.

٢ ـ التلوث بواسطة المخلفات السائلة: تتلوث التربة الزراعية عن طريق ري المحاصيل بمياه المجاري والأنهار التي تطرح فيها الفضلات الصناعية ومياه الصرف الصناعي التي تحتوي على العديد من المواد الكيميائية الضارة التي تتفاعل معها مكونات التربة وتمتصها النباتات والتي يتم استهلاكها من طرف الحيوانات بشكل علف أو من طرف الإنسان من خلال تناوله الخضر والفواكه.

وتوضح الإحصائيات «أن كثيراً من المزارع، خاصة مزارع الخضر، تستخدم نفايات المصانع السائلة، سواء نفايات صناعية أو مياه صرف المجاري في عملية ري وتسميد أراضيها»[(١٥)]. فالمتتبع لمستوى الملونات البيولوجية والكيميائية للخضر والفواكه المزروعة في محيط المناطق الصناعية يلاحظ أنها تكون ملوثة بشدة بالعناصر الثقيلة من الداخل، وملوثة بشدة من الخارج، فإذا كان بالإمكان إزالة الملونات الخارجية بتنقيتها، فإنه من غير الممكن إزالة الملونات داخل الثمار والأوراق والجذور نتيجة عملية الامتصاص والتغذية من التربة الملوثة، والتي تمّ ريها بمياه الصرف الصناعي، حيث أوضحت التقارير الإحصائية المعدة من طرف البنك الدولي للإنشاء والتعمير عن التنمية في العالم أن «مياه صرف المصانع يوجد بها نحو ٣٥ ألف مادة كيميائية يمكن اعتبارها من المواد الضارة بالصحة العامة»[(١٦)].

فمنها ما هو شديد التنمية يمثل خطورة كبيرة على الأطفال والسيدات الحوامل، كالسرطان والالتهابات المعوية وكثير منها لا تظهر آثاره إلا بعد فترة زمنية وبعضها يسبب الحساسية والالتهابات الجلدية.

٣ ـ التلوث بالعناصر الثقيلة: تختلف العناصر الثقيلة تبعاً لمصدرها الصناعي، ويقصد بها العناصر الكيميائية ذات الوزن الجزئي الكبير، التي يستحيل تنظيف التربة منها حين اختلاطها بسبب الري الزراعي العشوائي من الأنهار والمسطحات المائية التي تصب فيها النفايات الصناعية ومياه الصرف الصناعي والصحي، فتنتقل المواد الكيميائية الثقيلة مع المواد الغذائية إلى الإنسان والحيوان، وتعرض صحتهما للخطر.

أوضحت الدراسات أن «تركيز الزئبق في التربة يبلغ ٠,٠٥ ملغ/١ كلغ تربة، في حين وصل إلى ٢ ملغ/١ كلغ تربة في المناطق القريبة من معامل الصناعات الثقيلة و١٠ ملغ/١ كلغ تربة، في مناطق وجود المعادن[(١٧)] وينتقل إلى الإنسان عبر السلسلة الغذائية وينجم عنه تسمم الثروة الحيوانية في المراعي القريبة من المصانع. كما إنَّ تسمم التربة بعنصر الكاديوم الذي

(١٥) أحمد عبد الوهاب عبد الجواد، **تلوث المواد الغذائية** (القاهرة: الدار العربية، ١٩٩٥)، ص ٩٩.

(١٦) أحمد مدحت إسلام، **التلوث مشكلة العصر**، عالم المعرفة؛ ١٥٢ (الكويت: المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، ١٩٩٠)، ص ٢٢١.

(١٧) عبد الرحمن المهنا أبا الخيل [وآخرون]، **النظم البيئية والإنسان** (الرياض: دار المريخ للنشر، ٢٠٠٥)، ص ٢٣٩.

يعد أكثر العناصر الثقيلة، ولا سميا الذي تزداد نسبة تركيزه في التربة كلّما ازداد استعمال الأسمدة الكيميائية وخصوصاً الفوسفاتية، حيث تسبب في انتشار أمراض الكلى والكبد وهشاشة العظام، وتظهر أعراضه على المصابين بوجود حافة صفراء اللون حول جذور الأسنان، وتلف الأنسجة المخاطية ونقص عدد كريات الدم الحمراء.

وإذا كانت التربة ملوثة بالثاليوم والمركبات الكلورية والديوكسين فهي تنقل إلى المواد الغذائية النباتية وتعرّض متناولها إلى أخطار تسمم الدم وفشل الأعضاء، وتؤدي إلى الموت للفئات ذات المناعة المحدودة كالأطفال والمسنين والنساء الحوامل.

٤ ـ **التلوث بالأسمدة والمبيدات الزراعية**: يؤدي اعتماد أسلوب الزراعة المكثفة إلى استنزاف مستمر للعناصر الغذائية للتربة وبخاصة عنصر النيتروجين. وفي ظلّ محدودية استخدام الأسمدة العضوية أصبح اللجوء إلى الأسمدة الكيميائية النيتروجينية حيث يؤدي زيادة تركيزها إلى تلوث التربة بالنيترات التي تذوب بسرعة في مياه الري، وتمتصها النباتات كمحاصيل الخضر الورقية، وتتخزن في مختلف أقسامها فتسبب اضطراباً في وظائف النباتات، فيحد من كميتها وجودتها، وبتناولها تختزل في الأمعاء على شكل نيتريت ونيتروز وهي مواد سامة تسبب سرطان الأمعاء والبلعوم والأمعاء عند الكبار، وفقر الدم عند الأطفال.

ويذكر فينك (Finck) أنّه «ولو أن الأسمدة الكيميائية تزيد الإنتاج، إلا أن تأثير الأسمدة على مكونات البيئة الثلاثة الأساسية (الأرض والماء والهواء) تستحق دراسة مدققة، فهذه العوامل تتأثر بدرجات مختلفة سلباً وإيجاباً في الزراعة، مثلما يحدث في أي تدخل في الطبيعة له تأثير مزدوج (سالب وموجب)»[١٨]. كما تتسبب المبيدات الزراعية في الكثير من الآثار الجانبية في التربة والنبات والحيوان والإنسان، حيث يستخدم في الزراعة ٩٠ بالمئة من المبيدات المصنعة ويستخدم ١٠ بالمئة في برامج الصحة العامة.

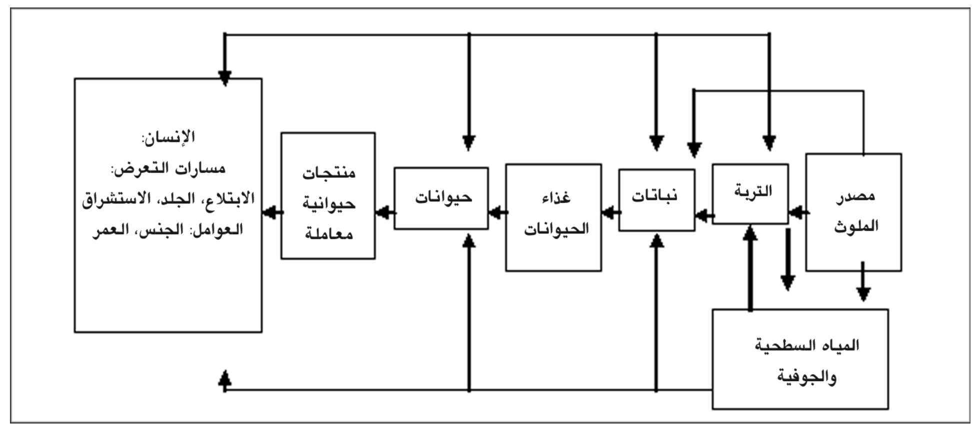
وتصل المبيدات إلى التربة عن طريق الترسب وحين معالجة المحاصيل الزراعية أو نتيجة معاملة التربة نفسها، ونميز فيها أنواعاً عدة، منها:

ـ المركبات العضوية الكلوروينية وأهمها مركب (D. D. T)، ومركبات السليكودايين والتوكسفاين، فهي مركبات عضوية بطيئة الانحلال في التربة، تبقى ثابتة ومحافظة على خواصها لسنوات، حُظر إنتاجها منذ نهاية الستينيّات لدرجة تأثيرها في مكونات التربة وتسربها إلى مياه الشرب وبقائها في التربة لسنوات طويلة ووصولها إلى النباتات والحيوانات بشكل سريع.

ـ المركبات العضوية الفوسفورية كالبراثيون والملاثيون، ينتج من استعمالها مواد أشد سمية من المبيد الأصلي، تحللها البكتيريا إلى مواد كمركبات الأنلين المسبب للسرطان بأنواعه. ويمكن توضيح مسارات تعرض الإنسان للملونات المضافة إلى التربة بالشكل الرقم (٢):

(١٨) بلبع، **عالم محاضرة التلوث**، ص ١٠٨.

الشكل الرقم (٢)
مسارات تعرض الإنسان للملوثات المضافة إلى التربة



المصدر: جاري م. يبترنسكي [وآخرون]، **الأراضي والجودة البيئية**، ترجمة محمد السيد النته (القاهرة: المجلس الأعلى للثقافة، ٢٠٠٣)، ص ١٠٨.

وتتسبب العوامل الطبيعية كالبراكين والزلازل والفيضانات والرياح والأعاصير في تغير صفات الأراضي الزراعية بشكل يؤثر فيها وفي ما تنتجه من نبات، إلا أن درجة تأثيرها في مكونات البنية الأساسية تبقى جدّ محدودة مقارنة بالآثار الجسيمة والنشاطات والمخلفات الصناعية، حيث تحد من استمرار وجود الكائنات الحية إذ تصيب كلّ مكونات سيارات ومكونات السلسلة الغذائية.

٥ ـ أساليب الحدّ من تلوث التربة الزراعية: يستلزم استصلاح الأراضي الملوثة وجعلها صالحة للزراعة وزيادة قدرتها الإنتاجية، اتّباع بعض الأساليب الهامة ومنها:

ـ مكافحة التلوث بصوره وأشكاله كافة، فلقد ثبت أن الملوثات التي تبث إلى الهواء الجوي تصل إلى التربة ومنها إلى النباتات والمحاصيل الغذائية التي يتناولها الإنسان والحيوان، وهذه تعد صورة غير مباشرة لإمكانية إصابة الإنسان بأخطار التلوث، كذلك فإن الهواء الملوث بأكاسيد النيتروجين والكبريت يؤدي إلى تكوين المطر الحمضي الذي يتسبب بدوره في تلوث المسطحات المائية والتربة، وهكذا يجد التلوث سبيله إلى إصابة الإنسان من خلال المياه والغذاء.

ـ ضرورة وجود نظام صرف جيد، حيث يؤدي عدم وجود صرف جيد للأراضي الملحية إلى تراكم الأملاح في قطاع التربة، الأمر الذي يستدعي توافر طريقة عملية للتخلص من هذه الأملاح، تتمثل في صرف طبيعي في الأراضي الزراعية حتّى لا تتراكم الأملاح في منطقة الجذور.

ـ التوسع في استخدام الأعداء الطبيعيين للحشرات بدلاً من استخدام المبيدات والمواد

الكيميائية، التي ثبت أن أضرارها تفوق منافعها، ونذكر هنا طائر أبو قردان الذي كان يعرف بصديق الفلاح، حيث كان يقلب الأرض بمنقاره الطويل ويلتقط منها الديدان التي تضر بالنباتات المزروعة، ولكن نتيجة استخدام المبيدات الحشرية والأسمدة الكيميائية، فقد اختفى هذا الطائر النافع والمفيد.

ـ العودة إلى استخدام الأسمدة الطبيعية ـ مثل روث البهائم والماشية ـ في تسميد الأراضي الزراعية بدلاً من استخدام الأسمدة الكيميائية بكميات كبيرة، التي أضرت بالتربة الزراعية والنباتات المزروعة على السواء، وحصر استخدام الأسمدة الكيميائية على الأراضي التي تحتاج إلى أنواع معينة من العناصر أو حسب نوعية التربة.

التوصيات والاقتراحات

إن المطالبة ببيئة نظيفة مطلب ضروري وعادل لجميع الكائنات الحية، ويمكن الحدّ من التلوث الناجم عن النشاطات الصناعية، إذا ما تمّ الاهتداء إلى المقترحات التالية:

ـ التوسع في استخدام مصادر الطاقة النظيفة والمتجددة مثل الطاقة الشمسية والطاقة الكهربائية في جميع نواحي الحياة بدلاً من مصادر الطاقة التقليدية مثل الفحم والبترول، حيث تتميز المصادر التقليدية التي تبث إلى البيئة ـ عند احتراقها ـ أنواعاً عديدة من الملوثات القاتلة والمدمرة.

ـ إلزام المصانع بضرورة تركيب معدات خاصة مصممة للحد من كمية الملوثات المنبعثة منها، ومعالجة الملوثات الناتجة من الصناعات المختلفة قبل انبعاثها وتحويلها إلى صور غير ضارة بالبيئة، عن طريق أكسدتها مثلاً.

ـ ضرورة سنّ التشريعات والقوانين الخاصة بتحديد التراكيز القصوى للملوثات المسموح بوجودها في الهواء، سواء كان هواء المدن أو هواء المناطق الصناعية.

ـ اعتماد تكنولوجيا نظيفة لضمان الإنتاج، وإعادة تدويره بأساليب آمنة بيئياً.

ـ إدماج الأبعاد البيئية عند وضع المواصفات القياسية لمنتجاتها الصناعية ودراسة دورة حياة المنتجات المختلفة بما يضمن الحدّ من المخلفات الصناعية وحدوث التكاملية في الإنتاج الصناعي الموسع للحد من المخلفات الخطرة والاستفادة الكاملة بمخرجات الصناعة وإمكان إعادة تصنيع مكونات المنتجات بعد انتهاء عمرها الافتراضي.

ـ مراقبة تأثير الملوثات في الماء واتجاهاتها، وتوفير إنذار مبكر عن أي تدهور خطير.

ـ حث الحكومات على القيام ـ كلّ منها على حدة أو بصفتها الجماعية ـ بالعمل التصحيحي الذي يكفل حماية البيئة واسترجاعها وتحسينها.

ـ التوسع في استخدام الأعداء الطبيعيين للحشرات بدلاً من استخدام المبيدات والمواد الكيميائية، التي ثبت أن أضرارها تفوق منافعها ■